

AZTEC FEM GT

Modellatore ad Elementi Finiti per la Geotecnica (versione 2D)

AZTEC FEM GT è un software che comprende un solutore FEM lineare e non lineare, un pre-processore e un post-processore dedicati rispettivamente alla modellazione del problema e alla fruizione dei risultati.

Il pre-processore è uno strumento grafico-numerico, che permette di modellare il problema nella sua interezza. Guida l'Utente nell'inserimento dati effettuando i controlli di congruenza degli stessi. L'Utente ha la possibilità di simulare l'iter costruttivo delle opere estendendo il concetto di fase alla cronologia delle "fasi temporali" di realizzazione del progetto. L'input della geometria è libero e permette di simulare molteplici situazioni che si possono presentare nella realtà. Il modellatore permette di analizzare problemi che prevedono:

- realizzazione di **scavi** e di **riporti** di terreno;
- inserimento di **interventi di stabilizzazione**;
- simulazione della costruzione di **tunnel** e **gallerie** considerando le fasi temporali inerenti la realizzazione.

Infine, il modellatore permette la simulazione di:

- vincoli puntuali e di linea rigidi o cedevoli;
- spostamenti imposti;
- carichi puntuali, di linea e di volume (possono anche essere dinamici);
- carichi di portata;
- travi per la modellazione di qualsiasi tipo di struttura;
- superfici di interfaccia tra gli elementi strutturali ed il terreno o fra strati di terreno.

CAMPI DI UTILIZZO

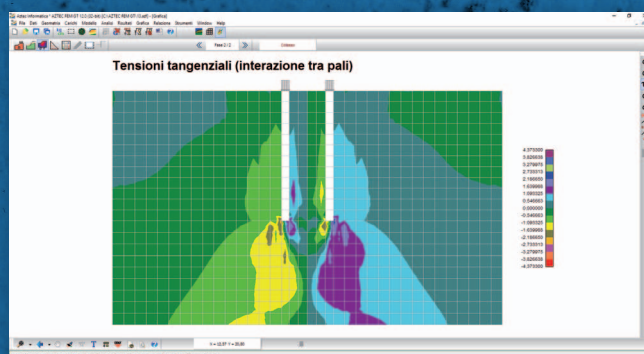
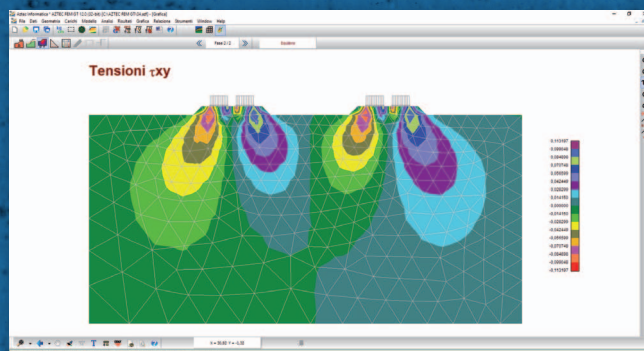
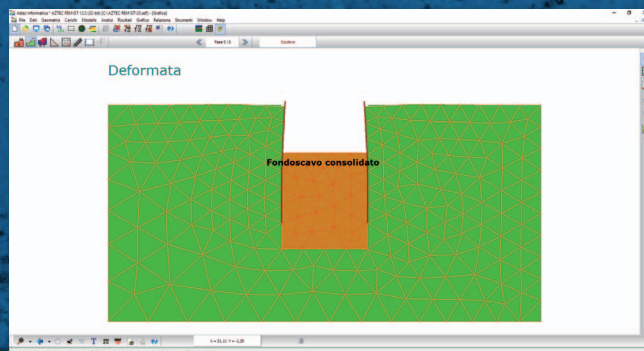
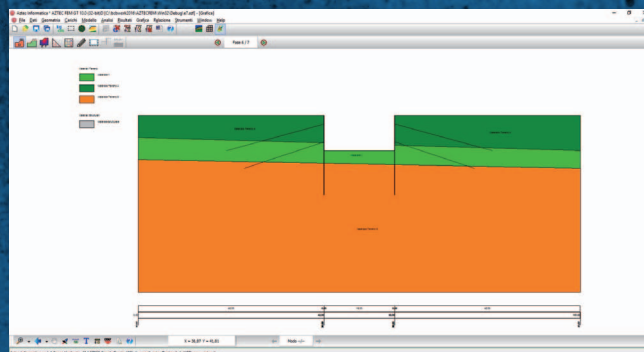
Con **AZTEC FEM GT** è possibile simulare problemi ingegneristici di varia natura nell'ipotesi di deformazione piana. Alcuni esempi di utilizzo sono di seguito elencati:

- analisi di **stabilità dei versanti**. In particolare è possibile determinare il fattore di sicurezza del versante stesso, modellando le opere di stabilizzazione con la loro reale resistenza e determinando l'interazione tra le stesse ed il terreno;
- determinazione del **carico limite** di fondazioni superficiali e profonde;
- determinazione dell'**influenza fra le opere** costruite nelle fasi cronologiche specificate;
- studio di problemi di **consolidamento**;
- studio di problemi di **filtrazione**;
- studio di problemi inerenti la **costruzione di tunnel e gallerie**;
- studio del comportamento di **falde in pressione**;
- **problemi dinamici**.

INPUT

L'input dei dati in **AZTEC FEM GT** può avvenire in modo grafico e/o numerico. I dati inputati vengono visualizzati immediatamente in grafica, potendo, così, avere un controllo diretto sugli stessi. La fase di input è stata appositamente studiata per rendere agevole l'inserimento dei dati necessari per la definizione geometrica e meccanica del problema da analizzare. Il programma controlla la coerenza dei dati inseriti, segnalando eventuali incongruenze riscontrate con opportuni messaggi. La fase di input prevede la seguente sequenza per la definizione del problema:

- definizione delle estensioni del problema;
- definizione della geometria del problema, intesa come modellazione della stratigrafia del terreno;



- definizione delle caratteristiche meccaniche dei materiali;
- attribuzione dei materiali agli strati precedentemente inseriti;
- definizione dei vincoli del problema (vincoli puntuali e continui);
- definizione dei carichi agenti. Il programma consente la modellazione dei seguenti tipi di carichi: carichi di volume, carichi di superficie, carichi di linea, carichi concentrati, carichi termici, carichi di portata ed espansioni volumetriche;
- definizione ed applicazione di eventuali opere strutturali (muri, paratie etc.);
- definizione di falde freatiche e di falde in pressione.

Il programma consente la definizione di tre macro categorie di materiali, che sono rispettivamente **materiale tipo terreno** (terreni e rocce), **materiale tipo struttura** (interventi) e **materiale per gli elementi di interfaccia**.

Per i materiali usati è possibile definire le seguenti caratteristiche: peso di volume secco e saturo, angolo di attrito, angolo di dilatanza, coesione drenata e non drenata, moduli elastici per la fase di carico e di scarico, coefficienti di Poisson, grado di sovraconsolidazione (OCR), pendenza della retta vergine, pendenza della retta di rigonfiamento, coesione residua e di picco, volume specifico iniziale, coefficienti di permeabilità e conducibilità termica, rigidzze normali e tangenziali per gli elementi di interfaccia.

Le caratteristiche sopra descritte vanno definite in funzione della macro categoria di appartenenza del materiale e del criterio di rottura scelto.

Inoltre, per la tipologia di materiale terreno, è possibile definire leggi di incrudimento personalizzate per la coesione drenata, l'angolo di attrito, l'angolo di dilatanza e la coesione non drenata.

AZTEC FEM GT permette di considerare la presenza di interventi stabilizzanti e/o di opere strutturali quali:

- **muri di sostegno** anche con pali e/o tiranti;
- **paratie** (di pali e/o micropali) anche con tiranti;
- **tiranti** (attivi e passivi);
- **gradonature**;
- **terre armate**;
- **scatolari e tunnel**.

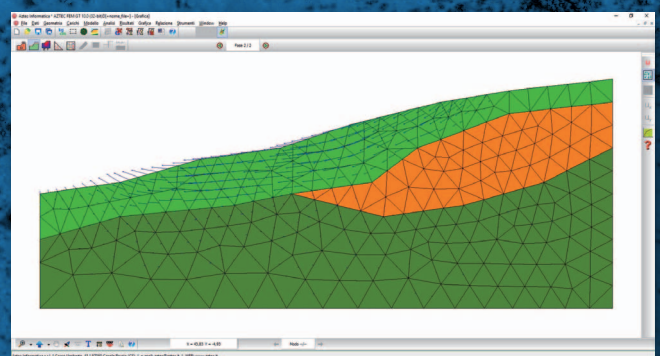
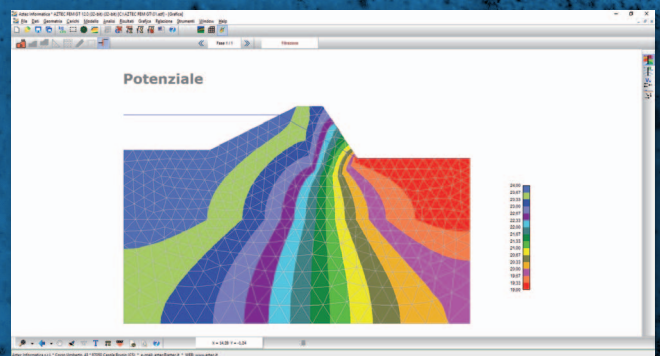
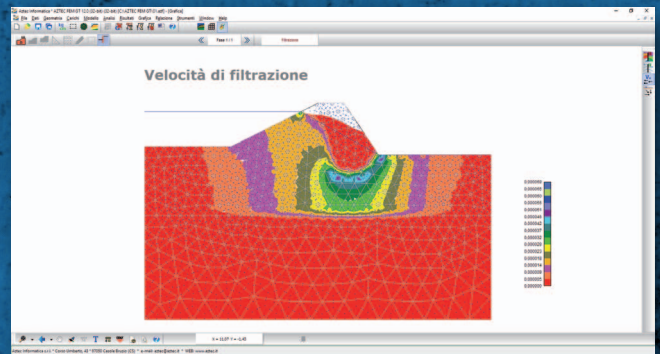
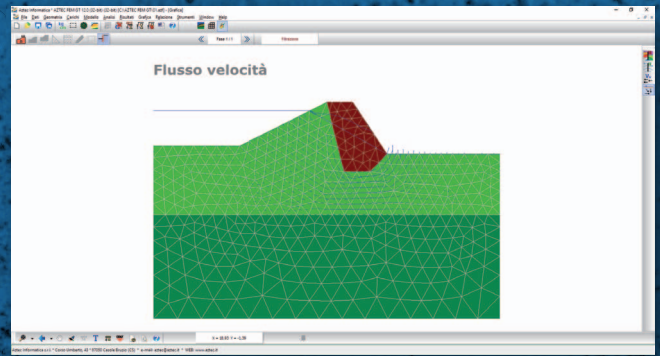
Inoltre, è possibile modellare qualsiasi **tipo di struttura** assemblando elementi di tipo trave. La trave è un elemento molto versatile al quale è possibile assegnare le seguenti caratteristiche:

- **area e inerzia**;
- **materiale** che la costituisce e il **materiale di interfaccia** con il terreno;
- il comportamento (a trave o ad asta);
- gli **svincoli alla rotazione** alle estremità;
- i **vincoli alla rotazione** di estremità (per nodi liberi);
- la **connessione con il terreno** (per tutta la lunghezza, i soli punti di estremità o a partire da una estremità indicandone la lunghezza);
- la **pretensione** e/o la **variazione termica**.

Gli interventi vengono definiti da una finestra ad input numerico con immediata visualizzazione grafica.

AZTEC FEM GT rende disponibili all'Utente dei wizard costruiti ad hoc per la generazione automatica delle opere strutturali come gli scatolari o le gallerie.

AZTEC FEM GT mette a disposizione, nella finestra grafica di input, la funzione di UNDO (Annulla).



TIPOLOGIE E OPZIONI DI ANALISI DISPONIBILI

Il solutore FEM prevede i seguenti tipi di analisi:

- Analisi lineare;
- Analisi non lineare per riduzione dei parametri di resistenza;
- Analisi non lineare per incrementi di carico fino al raggiungimento dell'equilibrio o in alternativa fino al collasso;
- Analisi non lineare per incrementi di spostamento fino al raggiungimento dell'equilibrio o in alternativa fino al collasso;
- Moto di filtrazione;
- Analisi di consolidazione;
- Analisi dinamica.

Per analisi di consolidazione è possibile definire:

- il tempo di applicazione dei carichi (tempo iniziale e tempo di raggiungimento del valore nominale);
- il tempo di simulazione che può essere minimizzato con il tempo necessario alla dissipazione della pressione neutra.

Per analisi dinamica è possibile definire:

- il tipo di carico dinamico (a scelta tra i carichi definiti nella fase e accelerogrammi precedentemente caricati);
- il tempo di utilizzo dell'accelerogramma (normalmente coincide con la durata dello stesso accelerogramma);
- il tempo di simulazione.

In funzione della tipologia di analisi scelta è possibile impostare opzioni di carattere meccanico e numerico.

Tra le opzioni di tipo meccanico è possibile impostare la modalità di applicazione del peso proprio, ed in particolare si può scegliere di non considerarlo nel calcolo, oppure considerarlo come carico agente o in alternativa come pretensione iniziale. La scelta dello stato tensionale iniziale può essere effettuata tenendo conto di un andamento di tipo K0 (spinta a riposo).

Le opzioni numeriche sono inerenti al metodo utilizzato per ottenere la soluzione del sistema non lineare:

- Newton-Rapshon;
- Newton-Rapshon Modificato;
- Newton-Rapshon con riassettabbaggio controllato;
- Arc Length Method.

Inoltre è possibile impostare:

- la tolleranza che regola l'avvenuta convergenza;
- il numero di passi in cui vengono suddivisi i carichi applicati;
- il numero di iterazioni massime per ogni passo di carico.

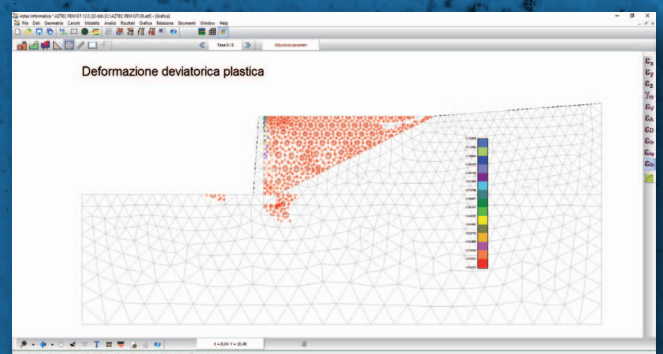
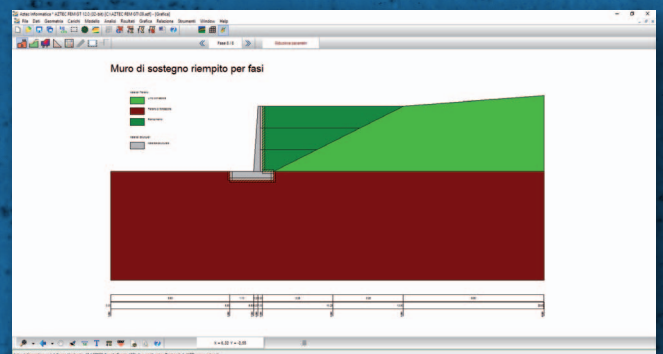
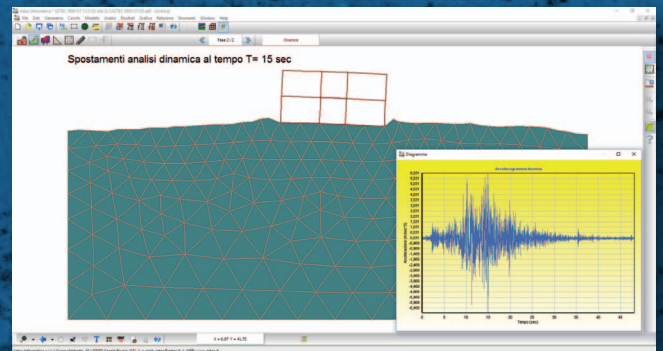
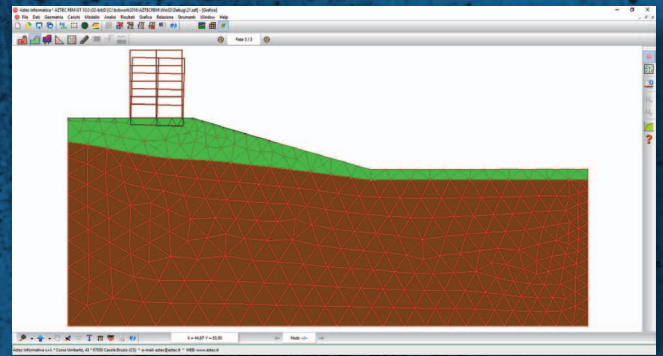
Nel caso in cui il metodo scelto per la risoluzione del sistema non lineare ricada su Arc Length Method, è possibile scegliere una tra le seguenti opzioni:

- riassettabbaggio ad ogni passo di carico;
- riassettabbaggio condizionato (il riassettabbaggio viene effettuato ogni n. loop);
- usa la matrice elastica iniziale;
- usa la matrice elastica iniziale corretta.

CRITERI DI ROTTURA IMPLEMENTATI

Il solutore FEM implementa al suo interno, per i materiali a comportamento non lineare, diverse alternative per la scelta dei criteri di rottura. Di seguito si riportano i criteri di rottura implementati:

- Von Mises;
- Tresca;
- Rankine;



- Mohr-Coulomb;
- Modified Mohr-Coulomb;
- Drucker-Prager;
- Lade-Duncan;
- Matsuoka-Nakai;
- Modified Cam-Clay;
- Hoek-Brown.

Alcuni dei criteri su elencati sono stati sviluppati anche in ambito di plasticità non associata.

LIBRERIA DI ELEMENTI FINITI DISPONIBILI

La libreria di Elementi Finiti sviluppata è molto ampia, e comprende elementi che differiscono fra loro per forma campo di utilizzo e numero di nodi. In particolare per l'analisi di problemi bidimensionali (stato piano di deformazione o stato piano di tensione), sono stati sviluppati i seguenti elementi:

- **Elemento triangolare** con 3, 6, 15 nodi, rispettivamente con interpolazione lineare, quadratica e del quarto ordine per gli spostamenti;
- **Elemento quadrangolare** a 4, 8, e 9 nodi, con interpolazione lineare per gli spostamenti, per l'elemento a quattro nodi, e quadratica per gli elementi a 8 e 9 nodi;
- **Elemento trave** con 2 o 3 nodi (tre gradi di libertà per nodo, due spostamenti ed una rotazione);
- **Elementi di interfaccia**, per simulare il corretto comportamento nelle zone di contatto tra gli elementi strutturali ed il terreno. I tipi di elementi implementati sono: molle a comportamento non lineare, o in alternativa, Elementi Finiti detti "Zero Thickness Element Interface", rispettivamente a quattro o a sei nodi.

Per gli elementi su citati sono state implementate delle varianti per mettere in conto la pressione dell'acqua.

GENERAZIONE E MANIPOLAZIONE DEL MODELLO

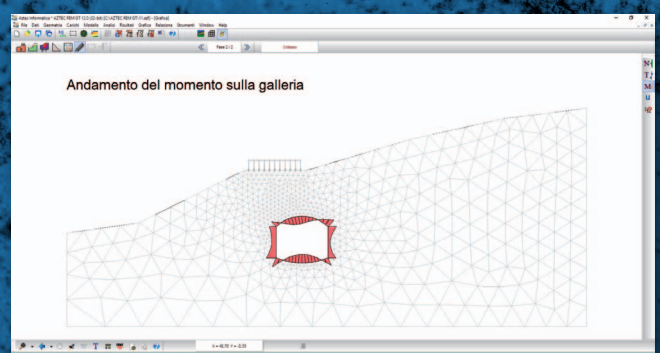
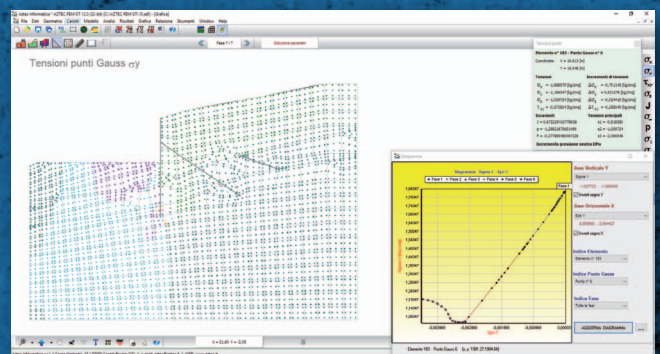
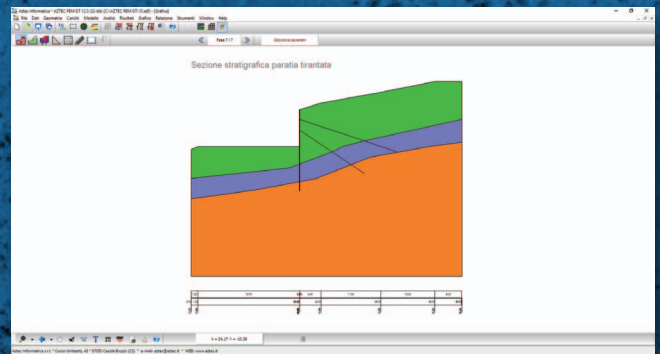
A monte dell'analisi il pre-processore esegue l'operazione di discretizzazione del modello continuo. Tale operazione può essere personalizzata dall'Utente attraverso l'impostazione di opportune opzioni, che permettono la selezione del tipo di elemento da utilizzare, e degli infittimenti in corrispondenza di punti prestabiliti o in prossimità di oggetti, per esempio nelle vicinanze di scavi o interventi etc.. La mesh ottenuta può essere sottoposta ad un **check di qualità**, secondo alcune opzioni impostate dall'Utente. Alcune di queste opzioni sono di seguito riportate:

- range di variazione delle lunghezze dei lati degli elementi ;
- range di variazione degli angoli ottenuti tra i lati del singolo elemento;
- range di variazione della superficie degli elementi;
- range di variazione dei volumi degli elementi nel caso tridimensionale.

La discretizzazione del modello, effettuata per fasi, viene trasferita al solutore che esegue l'analisi.

L'Utente può **intervenire sul modello** mediante le seguenti operazioni:

- modifica della geometria della mesh;
- inserimento, modifica e cancellazione di vincoli nodali;
- inserimento, modifica e cancellazione di carichi nodali;
- inserimento, modifica e cancellazione di carichi distribuiti direttamente sugli elementi;
- inserimento modifica e cancellazione di carichi di volume applicati sugli elementi;
- attribuzione di uno specifico materiale ad uno o più elementi.



All'avvio dell'analisi il programma esegue un check completo dei dati forniti, segnalando con opportuni messaggi eventuali incongruenze riscontrate.

OUTPUT

Il post-processore è uno strumento realizzato per la fruizione, grafica e numerica, dei risultati generati dal solutore. Attraverso questo strumento è possibile visualizzare per ogni singola fase:

- deformate;
 - stato tensionale per ogni componente di tensione mediante una rappresentazione a mappe di colori;
 - stato deformativo per ogni componente di deformazione;
 - andamento degli invarianti del tensore delle tensioni;
 - andamento della funzione di snervamento;
 - diagrammi di flusso per gli spostamenti;
 - stato di sollecitazione presente negli elementi strutturali;
 - visualizzazione di grafici carico-spostamento, tensione-deformazione per stress-point ad ogni incremento di carico e per ogni fase costruttiva;
 - visualizzazione di tutti i risultati (spostamenti, tensioni, deformazioni, etc.) in funzione del tempo (per analisi di consolidazione e dinamica).
- Inoltre, per analisi di consolidazione e dinamica, è possibile visualizzare tutti i risultati in sequenza automatizzata per come evolvono.
- Tutte le viste grafiche proposte dal post-processore sono interrogabili attraverso l'utilizzo del mouse. Gli stati tensionali possono essere visualizzati per incrementi o in termini di tensioni complessive. Inoltre è possibile applicare dei filtri di visualizzazione per i risultati disponibili (range di valori per la visualizzazione delle tensioni e per gli spostamenti).

I risultati possono essere consultati anche in forma numerica tabellare. Inoltre il post-processore fornisce all'Utente la possibilità di effettuare stampe dirette o di esportare disegni in formato DXF o altri formati grafici come JPEG, GIF, BMP, etc. I risultati numerici ottenuti possono essere esportati nei formati RTF, ottenendo la relazione di calcolo.

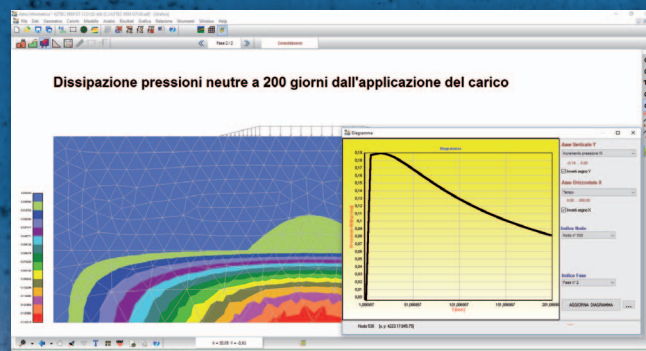
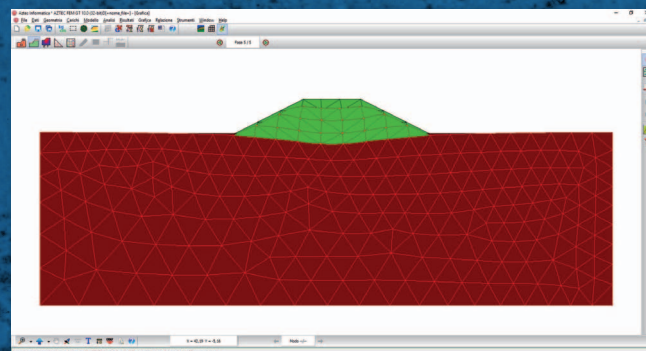
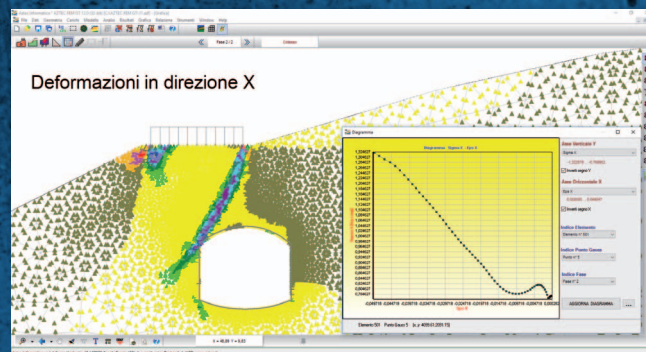
La relazione di calcolo può essere personalizzata dall'Utente scegliendo quali sono i moduli da generare, i font da utilizzare e le immagini da inserire.

Le finestre grafiche del pre e del post-processore sono dotate delle funzionalità tipiche degli ambienti CAD:

- funzioni di selezione singola e multipla degli oggetti;
- funzioni di generazione automatica (vincoli di contorno, rilevati, scavi, carichi di volume e travi a contornare scavi);
- funzioni di manipolazione (copia e trasla, allunga e spezza travi);
- funzioni di zoom e pan;
- funzione di anteprima di stampa;
- funzione di impaginazione dei disegni (ovvero la possibilità di costruire delle tavole contenenti più viste, ognuna delle quali potrà essere rappresentata con un fattore di scala selezionato dall'Utente);
- funzioni di quotatura e font di descrizione.

AZTEC FEM GT memorizza i dati in un formato binario proprietario ed importa i dati dagli altri pacchetti software della Aztec Informatica.

Infine **AZTEC FEM GT** è corredato da manuale elettronico (suddiviso in manuale d'uso e manuale teorico) ed help in linea sensibile al contesto.



Aztec Informatica S.r.l.

il Software per l'Ingegneria Geotecnica e Strutturale

Corso Umberto I, 43

87059 Casali del Manco (CS) - loc. Casole Bruzio

Tel. +39.0984.432617 - 438325

Fax +39.0984.432617

web: www.aztec.it

e-mail: aztec@aztec.it